



UMA ANÁLISE DA INSERÇÃO DE AERONAVES MOVIDAS A ENERGIAS RENOVÁVEIS NAS ESCOLAS DE AVIAÇÃO

Davi Michel Ruschel¹
Jairo Afonso Henkes²

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral analisar os fatores que influenciam a introdução de aeronaves movidas à base de energia renovável, em escolas de formação de pilotos para a aviação civil. Foi realizada uma pesquisa exploratória, com procedimento de estudo de caso observacional, bibliográfico, documental, com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa. Foi realizada uma pesquisa e análise das aeronaves mais utilizadas em cursos de piloto privado, avaliando sua operação e seus aspectos econômicos, ambientais e sociais, verificando as emissões de poluentes, comparando-as com aeronaves movidas a etanol e elétricas. Foram realizadas entrevistas com pilotos com a finalidade de identificar preferências e dúvidas quanto a operação destes modelos de aeronaves. Verificou-se que algumas mudanças devem ser realizadas para ocorrer uma diminuição do nível de poluição no setor de instrução aérea, e avanços no aspecto ambiental, econômico e social acontecem juntas, seguindo todos os padrões de segurança. O modelo ideal de aeronave ainda precisa ser melhor desenvolvido para se enquadrar de forma prática ao que é necessário ao setor, mas até lá pode-se usar um exemplar já disponível na atualidade, trazendo benefícios econômicos e ambientais, com a segurança necessária.

Palavras-chave: Instrução. Aeronave. Etanol. Elétrica. Meio ambiente. Economia. Sociedade.

¹ Bacharel em Ciências Aeronáuticas. Unisul. E-mail: davimichel@gmail.com

² Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor e Pesquisador nas Áreas de Gestão Ambiental, Ciências Aeronáuticas, Agronomia, Administração e Engenharia Ambiental. AeroTD. <https://orcid.org/0000-0002-3762-471X>

E-mail: jairohenkes333@gmail.com

AN ANALYSIS OF THE INSERTION OF AIRCRAFT MOVED TO RENEWABLE ENERGY IN AVIATION SCHOOLS

ABSTRACT

This work had as general objective to analyze the factors that influence the introduction of aircraft powered by renewable energy, in pilot training schools for civil aviation. An exploratory research was carried out, with bibliographic, documentary procedure and observational case study, with both a qualitative and quantitative approach. A survey and analysis of the most used aircraft in private pilot courses was carried out, evaluating their operation and their economic, environmental and social aspects, verifying pollutant emissions, compared to ethanol and electric powered aircraft. Interviews were conducted with pilots in order to identify preferences and doubts regarding the operation of these aircraft models. It was found that some changes must be made in order to reduce the level of pollution in the air instruction sector, and advances in the environmental, economic and social aspects occur together, following all safety standards. The ideal model of aeroplane still needs to be better developed to fit in a practical way to what is necessary for the sector, but until then you can use a copy already available today, bringing economic and environmental benefits, with the necessary security.

Keywords: Instruction. Aircraft. Ethanol. Electrical. Environment. Economy. Society.

1 INTRODUÇÃO

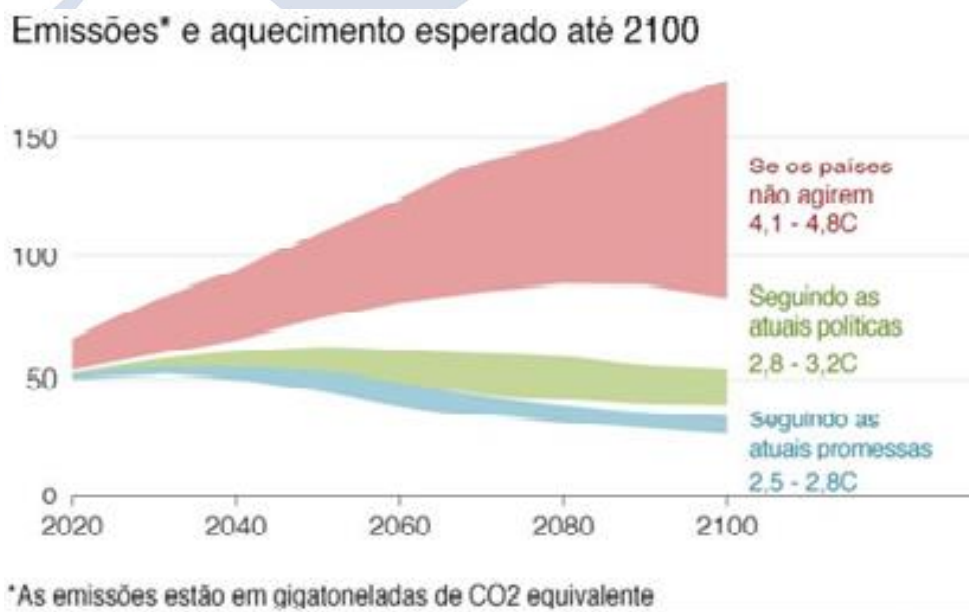
Este trabalho surgiu da curiosidade e da necessidade futura sobre a introdução de aeronaves movidas a energias renováveis nas escolas de formação de pilotos. Necessidade pelo fato de que o planeta enfrentará dois grandes problemas se for mantido ou até mesmo aumentar a queima dos produtos usados

atualmente nos meios de transporte, incluí-se aqui o aéreo, em alguns anos: o primeiro será falta do combustível fóssil, pelo fato de não haver mais reservas dele e o segundo será o aumento da temperatura média do planeta que também advém pela queima destes combustíveis, o que influi na própria manutenção da espécie humana.

Se essa tendência continuar, as temperaturas poderão subir entre 3°C e 5°C até 2100. Um grau pode não parecer muito, mas, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), se os países não tomarem uma atitude, o mundo enfrentará mudanças catastróficas – o nível do mar vai subir, a temperatura e a acidez dos oceanos vão aumentar e a nossa capacidade de cultivar alimentos como arroz, milho e trigo estaria ameaçada (BBC BRASIL, 2020, p. 2).

A evolução nas emissões e projeção de aquecimento global pode-se observar na figura 1, a seguir:

Figura 1: Emissões de CO² e aquecimento esperado até 2100



Fonte: BBC (2020).

Por isso, se torna necessário buscar outras fontes de energia, especialmente as renováveis, para continuar o desenvolvimento da aviação e o berço dela, as escolas de pilotos. Estudos indicam que tais escolas serão muito requisitadas pela alta demanda de mão de obra prevista para o setor.

“As grandes fabricantes de aeronaves planejam céu de brigadeiro para os próximos 20 anos, com 40 mil novos aviões entrando em operação. Contudo, um problema no cockpit pode atrapalhar os

planos. Está começando a faltar piloto. A Boeing estima que serão necessários 790 mil pilotos no mundo dentro de duas décadas, dos quais 57 mil, na América Latina. O grande gargalo está na formação, que demanda alto investimento” (CORREIO BRAZILIENSE, 2019, p. 1).

Por outro lado, tal demanda também irá ser responsável por continuar o impacto ambiental previsto. Portanto, um combustível alternativo será importante neste setor, tanto do ponto de vista econômico e social, pois irá diminuir os custos para a formação de pilotos e permitir o alcance da demanda prevista (pelo fato de o combustível ser o fator de maior peso na constituição dos custos da hora de voo de qualquer aeronave) quanto ambiental, pois o alto número de voos necessários será suprido com aeronaves de baixo impacto ao ambiente (ABEAR, 2020).

Já existem estudos sobre combustíveis alternativos aos combustíveis de origem fóssil que, inicialmente, demonstram em seus projetos prévios o uso com segurança e com viabilidade econômica nas escolas de aviação, mas devem ser melhor explorados e compreendidos, pois existem muitos requisitos por parte de órgãos fiscalizadores que mantêm os níveis de segurança e operacionais exigidos para formar um piloto. Nas escolas de formação de pilotos civis, uma aeronave movida a etanol ou eletricidade será capaz de trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais mantendo o nível de segurança e cumprindo os regulamentos do setor?

Os Objetivos deste artigo é o de analisar os fatores que influenciam a introdução de aeronaves movidas à energia renovável em escolas para pilotos da aviação civil. Como objetivos específicos: Descrever o investimento necessário para uma instituição adquirir ou modificar um avião ou helicóptero para uso de energia elétrica ou etanol; Analisar a logística e a viabilidade da operação diária em treinamento com aeronaves movidas a energia elétrica ou a álcool; Analisar os aspectos de economia na operação e manutenção das aeronaves movidas a etanol e ou energia elétrica em comparação as atuais aeronaves tradicionais; Descrever os impactos ao meio ambiente com esta mudança; Descrever os possíveis impactos socioeconômicos na região próxima ao aeroclube no estado do Rio Grande do Sul; Analisar a economia prevista na preparação de novos pilotos

com a adoção destes novos combustíveis para a frota do aeroclube nos cursos de formação de pilotos.

Justifica-se este trabalho pela análise sobre a sustentabilidade econômica e ambiental, pois diversos avanços tecnológicos em relação ao uso de combustíveis alternativos e renováveis em escolas de aviação tem sido verificado.

Com um previsível esgotamento dos combustíveis fósseis, existe a necessidade de busca de novos combustíveis e de se utilizar a energia de forma mais consciente, com menor desperdício. Inclui-se aí o setor aéreo. Muitas alternativas já estão em curso na aviação, mas em áreas que se mostram mais importantes para um grande número de pessoas ao mesmo tempo e afetam a sociedade de uma forma mais ampla, como grandes empresas de transporte aéreo regular de passageiros. Empresas do setor de transporte e a indústria aeronáutica já usam tecnologias novas que refletem num melhor trato com o ambiente, como fabricação de motores mais eficientes, menos ruidosos, com alternativas sustentáveis em suas fábricas (FIGUEIREDO, 2013).

Aeroportos também já se apresentam como alternativos, como verdes, amigos da natureza, enfim, parece que o setor aéreo, no seu objetivo fim, que é o transporte de pessoas, já está bem desenvolvido em relação a um melhor aproveitamento dos recursos que a natureza nos oferece. Mas como fica o berço deste setor, as escolas de aviação civil, onde tudo começa?

Seria contrastante o mundo falar em desenvolvimento ambiental, se orgulhar das grandes aeronaves decolando com menor impacto ambiental e ver ao mesmo tempo pequenas aeronaves decolando a toda hora com antigos motores a pistão consumindo litros e mais litros de combustível, com altas taxas de aditivos e componentes cancerígenos poluindo o ambiente.

Logo, analisar a possibilidade do uso de aeronaves com fontes de energia renováveis é necessário, através de uma análise de vários fatores no dia a dia de uma escola de aviação civil e verificar os possíveis fornecedores dessas aeronaves adaptadas. Muitos benefícios podem vir da utilização de aeronaves mais limpas como: menor consumo de produtos químicos, baixa ou nenhuma liberação de gases que aumentam o efeito estufa, diminuição de gastos com

manutenção e conseqüente diminuição do custo da hora de voo para os alunos e aos interessados no desenvolvimento sustentável, para melhor compreender os impactos que podem ocorrer ao utilizar essas aeronaves na formação de pilotos.

2 METODOLOGIA

Este artigo baseou-se em uma pesquisa caracterizada como exploratória, com procedimento de estudo de caso que utilizou-se de uma pesquisa bibliográfica, documental e um breve levantamento de dados, para compreender em profundidade a realidade que envolve o tema da pesquisa, com abordagem tanto qualitativa, quanto quantitativa.

2.1 NATUREZA E TIPO DA PESQUISA

A pesquisa exploratória, conforme Lakatos e Marconi (2003, p.188), tem tríplice finalidade, que é “desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e classificar conceitos”. O procedimento para coleta de dados caracterizou-se como bibliográfico, definido por Rauen (2002, p. 65), como a “busca de informações bibliográficas relevantes para a tomada de decisão em todas as fases da pesquisa.”. Desse modo, a pesquisa em questão visou a uma profunda investigação teórica e prática sobre cada uma das supracitadas abordagens, primordial para a análise proposta inicialmente. O estudo de caso observacional conforme Gil (2002), é utilizado nas Ciências Sociais, para a investigação das particularidades que envolvem a formação de determinados fenômenos sociais.

A abordagem da pesquisa foi qualitativa, por se basear na realidade para fins de compreender uma situação única, segundo Rauen (2002), e quantitativa, por buscar conhecimento por meio de raciocínio de causa e efeito, redução de

variáveis específicas, hipóteses e questões, mensuração de variáveis, observação e teste de teorias (CRESSWELL, 2007).

2.2 SUJEITOS DA PESQUISA/MATERIAIS E MÉTODOS

Para análise dos fatores relacionados ao objetivo geral e específicos desta pesquisa foi feita consulta aos pilotos (instrutores de voo) e diretores de aeroclube no estado do Rio Grande do Sul, fabricantes de aeronaves e baterias, além de consulta a fontes bibliográficas e documentais com relato de experiência do próprio autor. Foram usados os seguintes materiais:

Para o Estudo de caso: foram aplicados questionários e entrevistas referentes ao tema com instrutores e diretores de escola aeronáutica civil (aeroclube), fabricante de aeronave elétrica e baterias no Brasil e empresa conversora de aeronaves movidas a álcool com o objetivo de analisar a operação diária na formação de um piloto e dados referente ao uso da fonte de energia usada pelas aeronaves. Também foram aplicados questionários aos alunos da escola de aviação sobre as expectativas em relação a voar uma aeronave movida à etanol e ou energia elétrica.

A pesquisa bibliográfica: sedimentou informações de livros e periódicos que descrevem os fatores humanos, econômicos e sociais relativos à operação de aeronaves leves com combustível alternativo na aviação, traçando uma comparação com aeronaves com motores a pistão. Verificou-se os regulamentos da ANAC que descrevem as manobras e procedimentos presente nos cursos de piloto privado.

A pesquisa documental: consultou informações de manuais das aeronaves modelo: *C152* e *PipistrelVelis*, para verificar as possíveis adaptações de combustíveis alternativos, além de consulta as curvas de ruídos do Programa de Zoneamento de Ruído em aeroclube no Rio Grande do Sul.

3 ANÁLISE DE AERONAVES MOVIDAS A AVGAS

A proposta de análise para este trabalho foi o curso de piloto privado em aeroclube no Rio Grande do Sul, regido pela ANAC, portanto seus resultados podem ser utilizados em qualquer curso de piloto privado do país, pois a caracterização deste curso segue um padrão nacional, regulado por aquela agência.

Para realizar a análise da viabilidade de aeronaves movidas a fontes alternativas de combustível e sua concreta aplicação nas instituições de ensino de aviação civil é necessário antes, a explicação do tipo de aviões que são usados atualmente, com fins de atingir os objetivos de ensino exigidos pelo curso de piloto privado em conformidade com a agência reguladora e fiscalizadora do setor, a ANAC.

Atualmente, as aeronaves utilizadas neste tipo de curso apresentam como fonte de energia o combustível Avgas. Este combustível foi desenvolvido para uso aeronáutico, diferentemente do uso em automóveis ou outro tipo de motores. Homa (2009), ao analisar os combustíveis considera que:

Atualmente, os combustíveis de aviação são obtidos através da destilação do petróleo. À medida que aumenta a temperatura, o petróleo começa a liberar vapores que podem ser recolhidos através do resfriamento. Inicialmente são recolhidos os produtos mais voláteis como o éter, a gasolina de aviação, a gasolina automotiva, e depois os menos voláteis, como o querosene, o óleo diesel, os óleos lubrificantes, etc (HOMA, 2009, p. 75).

Sobre a Avgas, podemos dizer que é um combustível com algumas características: 1) possui alto índice de poder calorífico, ou seja, libera grande quantidade de calor durante a queima. 2) possui grande volatilidade, ou seja, sua composição favorece a transformação do seu estado físico original, que é líquido, em vapores, liberando assim alguns constituintes na atmosfera, em forma de gás. 3) possui resistência a detonação (HOMA, 2009).

Sobre a detonação, trata-se de um fenômeno normal e necessário para ocorrer o correto funcionamento de um motor. Em motores aeronáuticos, esse fenômeno precisa ser melhor controlado, ou seja, não pode ocorrer a qualquer

momento e de qualquer forma, a fins de aproveitar melhor o combustível e suas propriedades. Uma maneira fácil obtida pela indústria aeronáutica foi a adição do componente químico chumbo tetraetila, que aumenta esse poder de controle sobre a detonação do combustível, fazendo ocorrer no momento correto para os motores aeronáuticos e com o melhor aproveitamento possível. Ainda, sobre as características do chumbo tetraetila:

Quando inalado ou ingerido, o chumbo pode causar intoxicação. Os principais efeitos desse metal no organismo são: alterações na produção da hemoglobina, desenvolvimento de anemia, desregulação hormonal, fadiga, dor muscular, dor nas articulações, náuseas, vômitos, dor abdominal, abortos espontâneos, distúrbios neurológicos, problemas de fertilidade masculina, diminuição da aprendizagem nas crianças e interrupção do crescimento em crianças (ECYCLE, 2020, p. 3).

Avançando sobre o estudo do combustível, pode-se falar agora sobre os motores usados na instrução aeronáutica que utilizam este combustível e que no Brasil, são os mais comuns.

Nestes aviões, o motor não produz de forma direta a força necessária para ocorrer a movimentação do avião, ele utiliza a queima da fonte geradora (combustível) para fazer funcionar uma hélice. Esta hélice por sua vez, ao girar, produz uma grande massa de ar que é direcionada para trás da aeronave, que por reação a este movimento é impulsionada para a frente (HOMA, 2009). Este trabalho não objetiva a explicação aerodinâmica de como a aeronave voa, mas sim a partir de que fonte de energia e de qual tipo de motor isso ocorre. Sobre o motor usado em aviões de instrução básica pode-se afirmar que é constituído de cilindros movidos a queima de Avgas que fazem girar uma hélice responsável por jogar uma grande parcela de ar para trás e deve possuir as seguintes características: segurança, durabilidade, ausência de vibrações, economia, facilidade de manutenção, compacidade, eficiência térmica e leveza.

Sobre estes motores, pode-se afirmar que “na prática, a eficiência dos motores aeronáuticos é da ordem de 25% a 30%, o que é muito pouco, considerando-se que os motores elétricos de alta potência têm eficiências que superam facilmente 90%” (HOMA, 2009, p. 28). O grande desperdício ocorre na emissão de calor ao ambiente.

Em relação ao consumo, geralmente, em média, uma aeronave clássica na formação de pilotos privados no mundo e no Brasil, possui consumo médio de 30 litros de Avgas por hora (MANUAL OPERAÇÃO CESSNA 152, 1977). Em relatório recente do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC em inglês) o maior contribuinte do efeito estufa em nosso mundo é o dióxido de carbono (CO²) com 55%, (ECYCLE, 2020). O mesmo painel aponta que o CO² representa 97% dos gases do efeito estufa (GEE) emitidos por fontes móveis, como os automóveis ou aviões (SINAL DE TRÂNSITO, 2020, p. 2). Pode-se calcular a quantidade de emitida de gás carbônico por hora conforme a explicação do site LASTROP (2020): “Massa de combustível (em Kg) X teor de carbono no combustível (%) X 3,6”.

Onde, 3,6 é o fator de conversão do C (Carbono) em CO² (Dióxido de Carbono) pois a massa de CO² é 3,6 vezes superior a massa de C. Lembrando que a origem de CO² provem da queima de C e C é representado na fórmula pela massa de combustível.

Pode-se realizar esse cálculo para 1 hora de voo na qual:

É consumido 30 litros de Avgas.

Cada litro de AVGAS possui 0,72 Kg (BR Distribuidora)

Logo uma hora de voo é responsável por consumir 21,6 Kg Avgas

Multiplicando-se pelo teor de carbono na Avgas (98% = 98/100 = 0,98) e pelo fator de conversão 3,6 temos o resultado de 76,20 Kg de CO² emitidos durante 1 hora de voo com uma aeronave com um motor padrão de consumo para o curso de piloto privado analisado em aeroclube no Rio Grande do Sul, no caso, a aeronave modelo CESSNA 152 (MANUAL OPERAÇÃO CESSNA 152, 1977).

Sobre o custo do combustível Avgas para este mesmo aeroclube, em setembro de 2020, em compra direto do fornecedor, apurou-se o valor de R\$ 8,50 por litro. Com um consumo médio de 30 litros por voo, o custo somente em combustível para 1 hora de voo será de R\$ 255,00. Como o valor da hora de voo da aeronave C152 estava em torno de R\$ 500,00, pode-se afirmar que o combustível corresponde a 51% do custo da hora de voo. Isto confirma o fato de que o combustível possui o maior peso em relação aos custos de um curso para

piloto privado. Calculando esse valor para um curso inteiro, que neste mesmo aeroclube dura em média 45h, o valor com o combustível chegará a R\$ 11.475,00 e o valor do curso a R\$ 22.500,00.

Sobre os motores utilizados, “a segurança de funcionamento dos motores depende de uma cuidadosa manutenção, que geralmente compreende duas partes” (HOMA, 2009, p. 28). As duas partes referidas pelo autor se referem às inspeções periódicas e a revisão geral, esta última que deve ser realizado com maior número de horas.

Sobre a inspeção periódica:

Os motores devem ser inspecionados em determinados intervalos (25 horas de voo, 50 horas de voo, etc), onde são também feitos serviços como troca de óleo, limpeza ou substituição de filtros, regulagens, etc. Par facilitar esse trabalho, a facilidade de manutenção é importante (HOMA, 2009, p. 28).

Este fator sempre colaborou para que a mecânica de seus motores sempre fosse simples, com pouca tecnologia, facilidade de reparação e substituição de peças de forma rápida e barata. O avanço da tecnologia de construção de motores aeronáuticos acabou se direcionando para os motores a reação, logo após o término da segunda grande guerra, os quais apresentam outro tipo de tecnologia e são dedicados ao uso em aeronaves maiores, que empregam maiores velocidades e não são indicas para aeronaves leves e mais lentas, que voam a baixa altitude, necessárias a instrução de voo. Assim, um grande hiato se formou nos últimos anos, onde os motores aeronáuticos para a aviação leve possuem uma mesma metodologia de construção há muitos anos. A manutenção também entra nos cálculos de custo da hora de voo, incluindo aí materiais e horas de trabalho do mecânico, além da manutenção periódica, existe a revisão geral:

Após determinado número de horas de voo (esse tempo é conhecido como durabilidade), o motor sofre revisão geral, onde é totalmente desmontado para verificação e substituição de peças desgastadas ou danificadas. A durabilidade é freqüentemente referida através das iniciais “TBO” (Time Between Overhauls – tempo entre revisões gerais). Os períodos entre inspeções e o número de horas para revisão geral são determinados pelo fabricante do motor (não do avião) (HOMA, 2009, p. 28).

Geralmente essas revisões ocorrem a cada 1000 horas de voo, e apesar de ocorrem poucas vezes na história de uso de um motor, representam um dos maiores gastos de manutenção, e estão inseridas no preço da hora de voo.

Os motores usados para os cursos de piloto privado do aeroclube, por uma visão geral, são formados por vários subsistemas, como o elétrico, de resfriamento, de lubrificação e de alimentação. Todos ligados ao motor como peça central do sistema e que necessitam de manutenção, sendo que esta manutenção representa um grande gasto para a escola, e está embutido no valor da hora de voo para o aluno.

De maneira resumida, pode-se concluir, que no aeroclube em questão, os gastos gerais com manutenção do avião ficam em torno de 30% do custo da hora de voo.

O ruído aeronáutico é fiscalizado pela agência reguladora e fiscalizadora do setor (ANAC), a qual, através de um Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) define a metodologia e emite técnicas para medir o nível de ruídos durante a operação das aeronaves.

Conforme a ANAC (2020):

O ruído aeronáutico é aquele oriundo das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, taxiamento e teste de motores de aeronaves. É um ruído intermitente ou não estacionário, com elevados níveis sonoros na sua fonte, podendo causar efeitos adversos sobre a população exposta a níveis excessivos desse tipo de ruído. O ruído aeronáutico representa um grande desafio para uma indústria, como a da aviação civil, que possui forte previsão de crescimento nos próximos anos. A gestão dos seus impactos nas comunidades nas proximidades de aeródromos exige um equilíbrio cuidadoso entre a proteção dos moradores afetados e o reconhecimento das contribuições econômicas e sociais mais amplas da atividade de aviação. A gestão dos problemas decorrentes do ruído aeronáutico envolve diversos entes públicos e privados, podendo citar a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), operadores dos aeródromos abrangidos, operadores aéreos, municipalidades nas quais localizadas as comunidades afetadas, órgãos ambientais, entre outros (ANAC, 2020, p. 2).

O documento utilizado pela agência é o RBAC nº 161, conforme segue a ANAC em seu site:

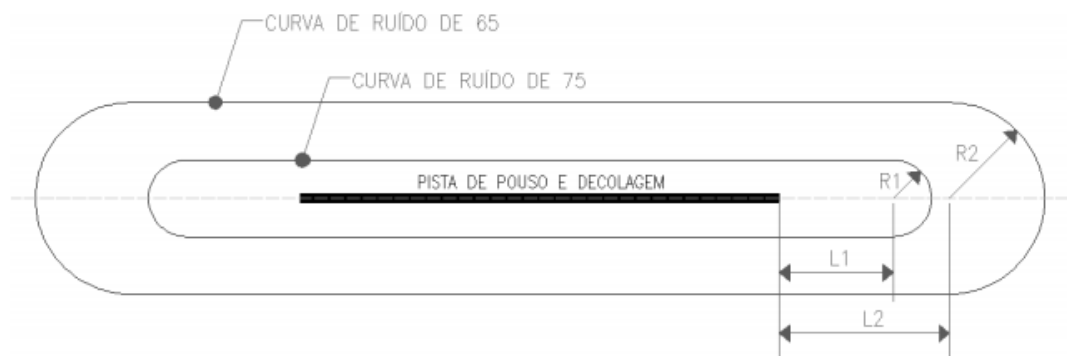
Atualmente o tema é tratado na ANAC pelo Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 161 – “Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos - PZR”. Esse regulamento estabelece a obrigação aos operadores de aeródromos da apresentação de um plano de zoneamento de ruído (PZR), requerendo, ainda, ações de compatibilização do uso do solo com os municípios abrangidos pelas curvas de ruído.

O PZR é o documento que tem por objetivo representar geograficamente a área de impacto do ruído aeronáutico decorrente das operações nos aeródromos e, aliado ao ordenamento adequado das atividades situadas nessas áreas, ser o instrumento que possibilita preservar o desenvolvimento dos aeródromos em harmonia com as comunidades localizadas em seu entorno. Em linhas gerais, no PZR encontram-se identificadas as áreas abarcadas pelo ruído aeronáutico, vindo a servir pelas municipalidades como instrumento na tomada de decisão sobre o uso do solo no entorno dos aeródromos. De maneira ideal, as áreas mais afetadas pelo ruído não deveriam ser ocupadas por residências, escolas, hospitais etc., cabendo ao Município (Artigo 30, inciso VIII, da Constituição da República Federativa do Brasil) fazer o adequado planejamento da ocupação do solo com base nas informações previstas no PZR. De acordo com o RBAC 161, os aeródromos podem se enquadrar na aplicação de um Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) ou de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR). O PEZR é de aplicação obrigatório a todos aeródromos que apresentaram média anual de movimento de aeronaves dos últimos 3 (três) anos superior a 7.000 movimentos, sendo que para média de movimentos inferior a este patamar, fica facultado ao operador do aeródromo optar pelo PBZR ou pelo PEZR. Entretanto, a ANAC poderá vir a solicitar a elaboração de um PEZR a qualquer aeródromo, quando identificado indícios da sua necessidade. Detalhes sobre a elaboração de um PBZR ou de um PEZR podem ser encontrados no RBAC 161 (ANAC, 2020, p. 2).

Assim, o aeroclube analisado neste trabalho, pelo número de movimentação média se enquadrou nos requisitos para elaboração de um PBZR, e este obteve a classificação 4.

Neste mesmo RBAC 161 é definida uma tabela com valores de níveis de ruído médio durante as 24 horas do dia em três níveis de ruído (abaixo 65 dB, entre 65dB e 75dB, e acima de 75 dB) bem como a compatibilidade do uso do solo, mostrando o que é permitido ou não ser construído ao redor de um aeródromo que apresente esses níveis de emissão. Também é indicado, neste documento, as distâncias de alcance desses níveis (que mudam conforme a quantidade de movimentação). Aeródromos mais movimentados apresentam restrições de distâncias maiores do que os menos movimentados. A Figura 2 e o Quadro 1 demonstram a formatação das curvas de nível e uso das áreas dentro do PBZR:

Figura 2: Demonstração do esquema de medição e curvas de ruído.



Movimento anual	Classe	L1	R1	L2	R2
Até 400	1	70	30	90	60
De 401 a 2.000	2	240	60	440	160
De 2.001 a 4.000	3	400	100	600	300
De 4.001 a 7.000	4	550	160	700	500

Fonte: ANAC, RBAC 161, 2020.

Quadro1: Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pelo PBZR:

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)		
	Abaixo de 65	65 – 75	Acima de 75
Residencial			
Residências uni e multifamiliares	S	N (1)	N
Alojamentos temporários (exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Locais de permanência prolongada (exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Usos Públicos			
Educacional (exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Saúde (exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes)	S	30	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes)	S	30	N
Serviços governamentais (exemplos: postos de atendimento, correios, aduanas ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Transportes (exemplos: terminais rodoviários, ferroviários, aeroportuários, marítimos, de carga e passageiros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	35

Serviços de utilidade pública (exemplos: cemitérios, crematórios, estações de tratamento de água e esgoto, reservatórios de água, geração e distribuição de energia elétrica, Corpo de Bombeiros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Serviços de comunicação (exemplos: estações de rádio e televisão ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Usos Industriais e de Produção			
Indústrias em geral	S	25	N
Indústrias de precisão (Exemplo: fotografia, óptica)	S	25	N
Agricultura e floresta	S	S (3)	S (4)
Criação de animais, pecuária	S	S (3)	N
Mineração e pesca (exemplo: produção e extração de recursos naturais)	S	S	S
Usos Recreacionais			
Estádios de esportes ao ar livre, ginásios	S	S	N
Conchas acústicas ao ar livre e anfiteatros	S	N	N
Exposições agropecuárias e zoológicos	S	N	N
Parques, parques de diversões, acampamentos ou empreendimentos equivalentes	S	S	N
Campos de golfe, hípicos e parques aquáticos	S	25	N

Fonte: ANAC, RBAC 161, 2020.

Notas das Tabelas E-1 e E-2:

S (Sim) = usos do solo e edificações relacionadas compatíveis sem restrições

N (Não) = usos do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

25, 30, 35 = usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma redução de nível de ruído – RR de 25, 30 ou 35 dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

(1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 25 dB.

(2) Edificações residenciais requerem uma RR de 25 dB.

(3) Edificações residenciais requerem uma RR de 30 dB.

(4) Edificações residenciais não são compatíveis.

Assim, analisando o PBZR de classe 4 do aeroclube, verificou-se que somente as áreas pertencentes ao prolongamento de reta da cabeceira 09 estão dentro da faixa entre 65dB e 75dB, e portanto, conforme figuras, devem possuir medidas de redução de nível de ruído em suas construções (a outra reta, como se direciona para um rio não apresenta restrições de compatibilidade). As áreas afetadas pelo ruído possuem somente residências e precisam apresentar projetos de adequação de ruído a prefeitura da cidade para poderem ser construídas. Logo, há restrições em termos de construção pelo uso da pista por aeronaves emissoras de ruído, pois hospitais, colégios, igrejas e indústrias, por exemplo, não podem ser

construídos na área próxima ao aeroclube. A Figura 3 abaixo representa a área afetada pela operação do aeródromo com suas aeronaves utilizadas no curso de piloto privado emitindo ruídos entre 65 dB e 75 dB.

Figura 3: Simulação da área mais afetada pela emissão de ruídos (área entre as retas vermelhas).



Fonte: Dos autores, adaptado do PBZR de aeroclube no Rio Grande do Sul, 2020.

Finalizando o estudo das aeronaves atuais usadas na instrução, movidas a Avgas, menciona-se a necessidade de cumprir o regulamento específico por parte da agência reguladora através do seu regulamento de avião civil número 61 onde na parte prática, referente à operação da aeronave e seus sistemas deve demonstrar realizar corretamente: “(ii) procedimentos anteriores ao voo, inclusive determinação de peso e balanceamento, inspeções e serviços de manutenção no avião” (ANAC, RBAC 61.79.1.ii, 2020). Também, o mesmo regulamento, em seu item 77 fala: “O candidato a uma licença de piloto privado deve ter sido aprovado em exame teórico da ANAC para receber a licença de piloto privado, referente à categoria em que pretenda obter a licença” (ANAC, RBAC 61.77, 2020). O exame teórico exigido pela ANAC para comprovar conhecimentos técnicos sobre o assunto possui 5 disciplinas, a saber: regulamentos de tráfego aéreo, meteorologia, navegação aérea, teoria de voo e conhecimentos técnicos de aeronaves. Nesta última disciplina, os assuntos requeridos e cobrados em prova

estão presentes no documento MCA 58-3 item 7.3.5. que é demonstrado no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2: Conhecimentos técnicos de aeronaves necessários no curso de Piloto Privado.

c) Detalhamento da disciplina				
ÁREA CURRICULAR: TÉCNICA				
DISCIPLINA: CONHECIMENTOS TÉCNICOS DAS AERONAVES				
UNIDADE: A ENGENHARIA DOS AVIÕES CONVENCIONAIS DE PEQUENO PORTE				CARGA HORÁRIA: 33 h-a
Nº	SUBUNIDADES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	
1	Introdução aos engenhos aéreos pilotados	<ul style="list-style-type: none"> Identificar os tipos de engenhos aéreos tripulados e respectivos princípios de funcionamento. Reconhecer os tipos de aviões com base nas características que os distinguem. 	1.1 1.2	<p>Aeróstatos e Aeródinos – Conceituação. Tipos. Princípios de funcionamento</p> <p>Classificação ou designação de tipos de aviões quanto: ao número e tipo de motores que possuem, as asas em termos de localização, movimentação, número, forma e material empregado, aos tipos de superfícies utilizadas para decolagens e pousos, à velocidade de deslocamento, à performance em relação à distância percorrida nas operações de pousos e decolagens</p>
2	Estrutura básica de aviões convencionais de pequeno porte	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecer os principais componentes estruturais da aeronave. Descrever a função dos componentes estruturais da aeronave. Identificar as superfícies de comando das aeronaves e descrever o seu funcionamento. Identificar os dispositivos aerodinâmicos de hipersustentação e de redução de velocidade e respectivo funcionamento. 	2.1 2.1.1 2.1.2 2.1.3 2.1.4 2.2	<p>Elementos estruturais dos aviões</p> <p>Asas – Função. Elementos estruturais</p> <p>Fuselagem – Função. Tipos e características</p> <p>Empenagem – Superfície horizontal ou estabilizador horizontal. Superfície vertical ou deriva</p> <p>Superfícies de comandos – Localização, movimentos e mecanismos de funcionamento das superfícies primárias (ailerons, leme de direção e profundores) e secundárias (compensadores)</p> <p>Dispositivos de hipersustentação: flaps, slats – Função, localização e mecanismos de acionamento</p>
3	Controles de voo	<ul style="list-style-type: none"> Identificar os controles de voo e descrever os respectivos funcionamentos. Reconhecer os componentes dos controles de voo e suas características. 	3.1 3.2 3.3	<p>Manche e pedais – Funções, respectivos componentes e mecanismos de acionamento</p> <p>Cabos de comando – Importância da tensão correta e efeitos negativos por incorreção da tensão</p> <p>Superfícies de comando – Balanceamento e alinhamento</p>
4	Sistema de trens de pouso de aviões de pequeno porte	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecer os diferentes tipos de trem de pouso, suas características e o funcionamento dos componentes. 	4.1 4.1.1 4.1.2 4.2 4.3	<p>Trens de Pouso</p> <p>Classificação quanto à sua mobilidade e à disposição das rodas de direção</p> <p>Sistema de amortecimento mais empregado em aeronaves de trens principais fixos</p> <p>Rodas dos trens principais – Materiais mais empregados. Marcos de referência roda/pneu. Tipos de avarias</p> <p>Pneus – Tipos. Calibragem. Efeitos negativos quando há desgaste assimétrico entre os pneus dos trens principais</p>

CONTINUAÇÃO				
Nº	SUBUNIDADES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	
4			4.4 4.4.1 4.4.2 4.5 4.5.1 4.5.2 4.5.3	<p>Roda de direção – Dianteira (aviões triciclos) e traseira (bequilha)</p> <p>Tipos de amortecedores, em função do posicionamento dianteiro ou traseiro da roda de direção</p> <p>Sistema de comandamento dos respectivos tipos de rodas de direção para manobrar o avião no solo. <i>Shimmy</i> – Definição. Causas e efeitos</p> <p>Freios</p> <p>Funções, tipos e principais componentes</p> <p>Descrição da aplicação dos freios em função da disposição da roda de direção</p> <p>Freios de estacionamento – Acionamento para aplicação e componentes do sistema</p>
5	Motores	<ul style="list-style-type: none"> Comparar os princípios básicos de funcionamento dos motores convencionais e a reação. Descrever as características dos motores aeronáuticos. Identificar os principais componentes dos motores convencionais. Descrever o funcionamento do ciclo Otto. Definir as diversas potências fornecidas pelos motores convencionais. 	5.1 5.1.1 5.1.2 5.1.3 5.1.4 5.1.5	<p>Motores em geral</p> <p>Motores térmicos: Características. Tipos e princípios de funcionamento</p> <p>Motores aeronáuticos: nomenclatura e características</p> <p>Motores aeronáuticos convencionais: características gerais e principais componentes</p> <p>Ciclo Otto: descrição teórica e prática</p> <p>Performance do motor: potência do motor, potência teórica, potência indicada, potência efetiva, potência útil, potência disponível, potência requerida. Influência da hélice na performance do motor</p>
6	Sistemas de lubrificação e de arrefecimento de motores convencionais	<ul style="list-style-type: none"> Compreender a importância e o funcionamento do sistema de lubrificação do motor. Identificar os componentes do sistema de lubrificação. Conhecer as características e propriedades dos óleos lubrificantes. Compreender a importância e o funcionamento do sistema de arrefecimento do motor. 	6.1 6.1.1 6.1.2 6.1.3 6.2 6.2.1 6.2.2 6.2.3	<p>Sistema de lubrificação</p> <p>Finalidade do sistema e efeitos danosos pela falta ou má lubrificação do motor</p> <p>Principais componentes do sistema de lubrificação do motor</p> <p>Tipos de lubrificação e funcionamento do ciclo</p> <p>Óleos lubrificantes</p> <p>Principais propriedades e seus efeitos. Viscosímetros</p> <p>Classificação SAE para óleos lubrificantes do motor. Aditivos utilizados</p> <p>Controle do arrefecimento do óleo e seus efeitos em caso de falha do sistema</p>

CONTINUAÇÃO			
Nº	SUBUNIDADES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
6		<ul style="list-style-type: none"> Identificar os elementos básicos do sistema de arrefecimento. Descrever os efeitos e danos que podem resultar do mau funcionamento do sistema de arrefecimento. 	6.3 Sistema de arrefecimento do motor 6.3.1 Função. Características. Elementos básicos do sistema de arrefecimento. Flapes de arrefecimento (<i>cowl flaps</i>). Efeitos e danos causados pelo superaquecimento ou pelo esfriamento excessivo do motor 6.3.2 Detonação e pré-ignição 6.3.3 Controles da temperatura do motor
7	Sistema de Alimentação e de Combustível	<ul style="list-style-type: none"> Identificar os tipos de sistemas de alimentação do motor, seus componentes e suas funções. Descrever o ciclo de alimentação de combustível do motor. Conhecer o carburador de nível constante, seus componentes básicos e o seu ciclo de funcionamento. Descrever a formação da mistura combustível e suas variações nas diversas fases do voo. Identificar os princípios gerais da injeção de combustível direta e indireta. Conhecer a estrutura interna dos tanques de combustíveis e os controles de utilização. Conhecer as principais características da gasolina de aviação. Identificar os processos de tratamento da gasolina de aviação e os efeitos danosos causados pelo uso incorreto ou quando deteriorada. Enumerar ações de prevenção contra incêndio durante os abastecimentos e as partidas do motor. 	7.1 Sistema de alimentação do motor 7.1.1 Alimentação por gravidade e por pressão: respectivos componentes e funcionamento de cada um desses sistemas 7.1.2 Sistema de indução: funções do sistema, componentes e finalidade de cada um deles 7.1.3 Superalimentação: componentes. Funcionamento do sistema. Efeitos secundários 7.1.4 Caruração 7.1.4.1 Carburador de nível constante. Funções. Componentes principais. Funcionamento do sistema 7.1.4.2 Formação da mistura combustível. Dosagem ar-gasolina. Variações da mistura combustível com as diferentes fases do voo. Influência dos fatores meteorológicos na mistura 7.1.5 Princípios gerais da injeção de combustível direta e indireta 7.2 Tanques de combustível 7.2.1 Localização geral. Principais tipos. Materiais empregados. Estrutura interna. Principais componentes 7.2.2 Abastecimento por gravidade. Fechamento e travamento dos bocais. Efeitos da água na gasolina e sua eliminação 7.2.3 Válvulas seletoras dos tanques. Indicadores de fluxo de combustível para o motor e da quantidade nos tanques: localização em geral e funcionamento 7.3 Combustíveis 7.3.1 Propriedades gerais dos combustíveis de aviação 7.3.2 Gasolina de aviação: composição química. Qualidade. Índice octânico e classificação pela octanagem. Coloração. Pré-inflamação. Detonação 7.3.3 Estocagem. Decantação. Deterioração 7.3.4 Efeitos no motor pelo uso de gasolina com octanagem incorreta ou deteriorada 7.3.5 Ações de prevenção contra incêndio no abastecimento da aeronave e durante as partidas do motor

CONTINUAÇÃO			
Nº	SUBUNIDADES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
8	Sistema elétrico e de ignição	<ul style="list-style-type: none"> Compreender a diferença entre tensão e corrente. Explicar a Lei de Ohm. Identificar a variação de resistência de um condutor. Enumerar as principais fontes de eletricidade. Descrever o funcionamento dos elementos de acionamento, de proteção e de controle dos sistemas elétricos das aeronaves. Conceituar magnetismo. Compreender o que é fluxo e indução eletromagnética. Identificar a diferença entre alternador e transformador. Descrever o funcionamento dos principais componentes dos sistemas que utilizam o eletromagnetismo. Identificar os componentes dos sistemas elétricos das aeronaves e descrever seu funcionamento. Descrever o funcionamento dos principais componentes do sistema de ignição. 	8.1 Sistema elétrico 8.1.1 Eletricidade. Tensão e corrente, corrente elétrica, circuito elétrico, circuito com retorno de massa. Lei de Ohm. Condutores e variação da resistência de um condutor. Pilhas e corrente contínua. Fontes e cargas. Ligação de fontes e de cargas em série e em paralelo. Cargas em relação às fontes. Interruptores, fusíveis e disjuntores. Voltímetro e amperímetro. Intercalação nos circuitos para medições 8.2 Magnetismo 8.2.1 Campo magnético. Lei dos pólos. Sentido do fluxo magnético. Campo magnético em torno de um condutor 8.2.2 Indução eletromagnética. Alternador elementar. Correntes alternadas 8.2.3 Eletroímãs – relés e solenóides 8.2.4 Transformadores. Transformação de correntes contínuas – alternadas Sistema elétrico de aeronaves 8.3 Baterias: tipos e funções. Falhas possíveis. Principais cuidados 8.3.2 Geradores: tipos e funcionamento 8.3.3 Voltímetros e amperímetros: função, indicação e leituras 8.3.4 Starter. Unidades de acionamento elétrico. Luzes de identificação e de navegação: posicionamento e características 8.4 Sistema de ignição 8.4.1 Função e componentes básicos 8.4.1.1 Magnetos: definição. Cabos e blindagem: finalidade. Duplicação do sistema de ignição 8.4.2 Velas: função, tipos e cuidados
9	Proteção contra incêndio	<ul style="list-style-type: none"> Enumerar os elementos necessários para ocorrer combustão. Identificar as classes de incêndios. Distinguir a correta aplicação dos diferentes tipos de agentes extintores. 	9.1 Controle contra incêndio 9.1.1 Combustão. Ponto de fulgor. Ponto de auto-inflamação ou de ignição. Classes de incêndios. Agentes extintores portáteis de bordo. Vestuário individual de proteção: botas, macacões, casaco de voo, luvas especiais, capacetes etc. 9.1.2 Combate ao fogo com a aeronave no solo

CONTINUAÇÃO			
Nº	SUBUNIDADES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
9		<ul style="list-style-type: none"> Descrever os princípios de combate ao fogo e os procedimentos básicos com a aeronave em voo. 	9.1.3 Procedimentos básicos para extinção do fogo com a aeronave em voo
10	Hélices	<ul style="list-style-type: none"> Descrever os tipos e as características das hélices de aviões convencionais e sua influência na performance da aeronave. Conhecer os sistemas de acionamentos das hélices propulsoras de aeronaves convencionais. 	10.1 Hélices propulsoras de aeronaves. Estrutura. Componentes. Nomenclatura da pá: ângulo da pá, passo geométrico, passo efetivo e torção 10.2 Influência da hélice na performance da aeronave. Hélice de passo fixo. Noções gerais sobre passo bandeira e passo reverso 10.3 Hélice de acionamento direto e de acionamento por meio de redutor
11	Instrumentos básicos de bordo	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer os diferentes grupos de instrumentos de bordo e distinguir seus respectivos princípios de funcionamento e aplicação. 	11.1 Classificação genérica dos grupos de instrumentos de bordo – Finalidade ou função. Características. Princípio de funcionamento. Tipos. Utilização. Erros e ajustes. Marcações 11.1.1 Instrumentos básicos do grupo de voo e navegação – Bússola. Giro direcional. Velocímetro. Altímetro. Horizonte artificial. Variômetro (<i>climb</i>). Indicador de curvas e inclinações (<i>turn & bank</i>). Relógio 11.1.2 Instrumentos básicos do grupo motopropulsor – Tacômetro (indicador de RPM). Indicador de potência. Termômetros (indicadores de temperatura do óleo e do motor). Manômetros (indicadores de pressão do óleo e da gasolina). Indicadores da quantidade e de consumo de gasolina 11.1.3 Sistemas e componentes de aplicações específicas nos aviões – Sistema Pitot: linhas de pressão estática e dinâmica. Termômetro de ar externo. Sistema de iluminação: da cabine, painel de instrumentos e dos equipamentos de navegação. Faróis de taxi e de pouso. Luz de advertência de baixo nível de combustível. Voltímetro e amperímetro
12	Manutenção de aeronaves	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar a importância e os diferentes tipos de manutenção de aeronaves. Destacar a importância das inspeções de pré-voo e periódicas como ações de prevenção de acidentes aeronáuticos. 	12.1 Manutenção – Importância da manutenção para garantir o correto desempenho operacional da aeronave e para a manutenção da segurança de voo 12.2 Instruções do manual do fabricante da aeronave para a sua manutenção e a de seus componentes. Obrigatoriedade de cumprimento pelo proprietário do avião e/ou seu(s) operador(es) 12.3 Manutenção corretiva e preventiva – Finalidades e desdobramentos

CONTINUAÇÃO			
Nº	SUBUNIDADES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
12		<ul style="list-style-type: none"> Identificar a legislação reguladora vigente sobre a manutenção de aeronaves. 	12.3.1 Inspeções periódicas – Visual, dimensional e qualitativa 12.3.2 Inspeções e revisões por horas voadas. Legislação incidente 12.3.3 Inspeções pré-voo e pós-voo 12.4 Atribuições do piloto. Preenchimento do livro de bordo e documentos correlatos

Fonte: MCA 58-3 DECEA, 2004.

Destaca-se o necessário cumprimento da legislação, para que um aluno do curso de piloto privado, possua conhecimentos acerca do motor que equipa a

sua aeronave e os seus subsistemas, presentes neste tipo de motorização, como lubrificação, carburação, arrefecimento, etc.

Em relação a regulação e normas técnicas cobradas pela ANAC, é importante mencionar que o Brasil, ao fazer parte da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) como estado membro, acordou em seguir as práticas orientadas pela organização em seus documentos, chamados de Anexos, que são constituídos em número de 19 Anexos. No primeiro Anexo estão os requisitos cobrados para as licenças de pessoal, incluindo a regulação mencionada acima, sobre os conhecimentos mínimos necessários para a formação de pilotos.

Criada em 7 de dezembro de 1944, por meio da assinatura da Convenção de Chicago, a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) é agência especializada das Nações Unidas, que tem como objetivo precípua o desenvolvimento de princípios e técnicas de navegação aérea internacional, bem como a organização e o progresso dos transportes aéreos, de modo a favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento do setor. Com sede em Montreal, Canadá, e escritórios em todos os continentes, a entidade dispõe de corpo técnico específico e instâncias consultivas nas quais atuam as autoridades de aviação civil de seus Estados membros e diversos órgãos interessados, como associações de classe. Atualmente, a organização conta com 193 países-membros. A OACI aprova normas e práticas recomendadas para a aviação civil internacional (*Standards and Recommended Practices – SARPS*), que balizam o marco regulatório setorial dos Estados membros e a atuação de suas respectivas autoridades de aviação civil. Por meio dessas normativas e de políticas complementares, auditorias e esforços estratégicos de desenvolvimento, a rede global de transporte aéreo consegue operar cerca de 100 mil voos por dia, de maneira segura e eficiente. O Brasil é um dos membros-fundadores da OACI e integra, desde a sua criação, o Grupo I de seu Conselho, grupo reservado aos países com maior importância no transporte aéreo internacional (ITAMARATY, 2020, p. 1).

4 COMPARATIVO COM MOTORES MOVIDOS A ETANOL E ELETRICIDADE

Analisando-se uma aeronave movida a etanol, vale destacar algumas informações a respeito dos números obtidos a partir da operação da mesma, pois demonstram mudanças significativas, em termos de consumo, custo e emissão de poluentes em comparação com as aeronaves a Avgas.

Em termos de valores, o litro de etanol possui o valor médio de R\$ 3,96 (ANP, 2020) no município de Porto Alegre onde se situa o aeroclube, um valor bem abaixo em relação a R\$ 8,50 pelo valor do litro da gasolina de aviação no mesmo local. Mas em relação ao mesmo consumo, este apresenta um valor em torno de 20% a mais com etanol (AEROALCOOL, 2020). Logo, para os cálculos de gasto com combustível, podemos dizer que 1 hora de voo com etanol irá consumir 36 litros (30 com Avgas), com um gasto médio de R\$ 142,56 por hora de voo somente com combustível. Multiplicando este valor por 45 horas (tempo médio para realização do curso), chega-se ao valor de R\$ 6.415,20 (Etanol) contra o valor de R\$ 11.475,00 com Avgas (ANP, 2020).

Sobre o custo de manutenção com estes motores, verificou-se que não apresentam grandes variações de procedimentos em relação aos mesmos processos realizados com motores a Avgas. Baseado em entrevista com empresa que realiza a conversão dos motores denominada AEROALCOOL, o desgaste dos motores é um pouco menor do que os motores movidos a Avgas, bem como o tempo gasto pela equipe de mecânicos. O motor opera em temperaturas mais baixas, sofrendo menos desgastes e podendo ter suas revisões periódicas em intervalos diminuídos. Logo, o único custo a mais que a instituição de ensino terá, é o gasto com a conversão propriamente, que apresenta o valor aproximado de R\$ 60.000,00 (AEROALCOOL, 2020). Convém fazer a menção de que esse custo seria amortizado caso o aeroclube venda ainda 10 cursos com o mesmo valor (segundo o aeroclube), não repassando a economia para os alunos, desta forma a instituição poderia reduzir o valor da hora para se adequar ao gasto de combustível.

Resumindo-se, em termos de custo ao aluno, este modelo de aeronave pode representar uma economia de 45% em relação ao gasto com um curso onde se voa aeronaves a Avgas.

Sobre a emissão de poluentes, um estudo realizado pela EMBRAPA (2009, p.1), mostra que “a queima de etanol representa uma diminuição de 73% de CO² em relação à emissão pela queima de Avgas. Como cada litro de Avgas libera 76,20 Kg de CO² segundo site LASTROP, com etanol o valor chegaria a 55,62 Kg

de CO² por hora de voo”. Ainda, destaca-se que a fonte para a produção de etanol (em sua maioria lavouras de cana de açúcar) também consome e produz CO², em uma balança superavitária para o meio ambiente, que sai ganhando.

Sobre a emissão de ruídos, como a estrutura do motor da aeronave permanece praticamente a mesma, somente ocorre um pequeno aumento de atrito e vibração entre os componentes pelo fato do etanol ser menos lubrificante que a gasolina. Segundo a mesma empresa que realiza a conversão, o ruído é levemente maior, não podendo ser significativo para fins de regulação de níveis de ruído e suas curvas (AEROALCOOL, 2020).

No sistema regulatório do curso, na parte teórica, é cobrado do aluno que possua conhecimentos sobre a gasolina de aviação, conforme conteúdo da prova teórica realizada pela ANAC, e ainda sobre o item “combustíveis” de uma maneira geral. Ambos respectivamente presentes na MCA 58-3 no item 7.3.2 e no item 7.3.1 (ANAC, 2004, p. 47).

Na parte prática do curso, que é regulamentada pela Instrução Suplementar número 141-007 A, da agência reguladora, é importante ressaltar que nenhuma manobra exigida para a realização do curso sofrerá alguma penalização ou falha em sua execução por usar o álcool como fonte de combustível. Porém cabe ressaltar que a autonomia da aeronave reduzirá em 20%, e portanto os responsáveis pela operação da aeronave terão de ter mais cuidado pelo fato de haver exigência em um determinado ponto do curso de ser realizado um voo de navegação aérea, cumprindo algumas exigências, conforme segue: “1 (um) voo de navegação de, no mínimo, 150 (cento e cinquenta) milhas náuticas, equivalentes a 270 (duzentos e setenta) quilômetros durante o qual se realizem, ao menos, 2 (duas) aterrissagens completas em aeródromos diferentes” (ANAC, RBAC 61.81.(a).(1).(i).(c)., [2020]). Levando-se em conta que a aeronave Cessna 152, operada atualmente pelo aeroclube analisado, possui uma autonomia de 4 horas de voo, com capacidade para percorrer em média 320 milhas náuticas, a aeronave perderá uma autonomia de 48 minutos e aproximadamente 64 milhas náuticas (MANUAL OPERAÇÃO CESSNA 152, 1977).

No Brasil, todos os processos de modificação de aeronaves, incluindo-se grandes modificações em motores, exigem uma aprovação pela Gerência Geral de Certificação de Produtos da ANAC (GGCP/ANAC), logo o projeto de certificação da mudança do motor deve ser analisado por esta gerência, que aprovará ou não tal projeto. Em nosso país, por enquanto só existe a liberação para utilização de aeronaves movidas a etanol no ramo agrícola, através de Instrução Suplementar número 137.201-001C (ANAC, 2020).

Sobre o uso de aeronaves movidas e eletricidade, deve-se mencionar que também não há, no Brasil, nenhuma aeronave certificada para operar com baterias elétricas, somente projetos em fase de testes. Usando-se como base um projeto de aeronave elétrica de uma empresa brasileira, pode-se obter algumas informações para comparação. “O projeto prevê a utilização de baterias de Lítio-Enxofre de 90 kWh com duração aproximada de 2 horas e 200 milhas náuticas de alcance” (BASSETO, 2020, p.1). Ainda não há preço definido para a aeronave, mas como base de cálculo relata-se o valor de £159.000,00 (Cento e cinquenta e nove mil Euros) do “único avião elétrico certificado na Europa para fins de treinamento” (AIRWAY, 2020, p.1).

Sobre a emissão de CO², a aeronave elétrica é considerada emissora nula, sendo portanto, a de desempenho mais limpo entre as três. Ressalta que a fonte de carregamento é igualmente importante para considerar a energia como sendo limpa, considerando-se que “no Brasil a maior fonte de produção de energia elétrica é a advinda de hidrelétricas (63,8%)” (Brasil, 2020, p. 1), portanto, considerada renovável. O nível de ruído do motor elétrico desta potência (90 kWh) é em torno de 10 Db (PIPISTREL, 2020), também considerado o mais baixo entre os três. Sobre as curvas de nível, estas seriam muito ou inexistentes, caso somente fosse usado este tipo de aeronave no aeródromo.

O custo de kWh em Porto Alegre-RS no mês de setembro de 2020 estava em R\$ 0,52 (CEEE, 2020, p.1), portanto em 1 hora de voo o gasto médio seria de R\$ 46,80, já que a potência do motor é de 90 kWh (BASSETO, 2020, p.1). Multiplicando este valor por 45 horas (tempo médio para realização do curso), o

resultado chega a R\$ 2.106,00 ante R\$ 11.475,00, que representa o valor gasto com Avgas durante o curso.

O gasto com manutenção também será reduzido, pois o motor elétrico não exigirá nenhum tipo de manutenção, mas existe a manutenção com outros sistemas que não o sistema de força, como pneus e comandos de voo. Estima-se que o gasto de manutenção somente do motor de um avião movido a Avgás representa 80% da manutenção total, segundo equipe de manutenção do aeroclube. Enquanto isso a vida útil da bateria de Lítio-Enxofre de um avião elétrico, chega a algo em torno de 15 anos, sendo que o valor da troca da bateria representa aproximadamente 10% do valor total da aeronave, representando um custo de manutenção de 1,5% ao ano (PIPISTREL, 2020).

Sobre a legislação vigente, não há requisitos sobre a matéria teórica conforme explicado anteriormente, ou seja, até agora um aluno não deve demonstrar nenhum conhecimento sobre este tipo de motor perante a ANAC.

Analisando-se a autonomia do projeto da aeronave, verificou-se que ela possuiria a capacidade para a realização da navegação exigida pelo curso, com a reserva de tempo exigida em regulamentação, pois é capaz de realizá-la em 1h30m com 30 min de reserva, conforme Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, número 91:

Somente é permitido começar um voo VFR em um avião se, considerando vento e condições meteorológicas conhecidas, houver combustível e óleo suficiente para voar até o local previsto para primeiro pouso e, assumindo velocidade normal de cruzeiro: (1) durante o dia, voar mais, pelo menos, 30 minutos, exceto para voos acrobáticos afastados no máximo 50 km (27 NM) de um aeródromo (RBAC 91.151.a.1.) (ANAC, 2020, doc. eletrônico).

Também não há no Brasil, legislação ou normativa por parte da ANAC, para certificação e homologação de aeronaves elétricas. Todavia analisando-se a aeronave Pipistrel observou-se que esta é capaz de realizar todas as manobras previstas no manual do curso de Piloto Privado. Sobre o modo de reabastecimento, deve se registrar que o tempo médio de recarga da bateria do avião, já certificado da fabricante Pipistrel, leva aproximadamente 2 horas, comparado ao tempo médio de 5 minutos, para o abastecimento com Avgas ou álcool.

5 RESULTADOS DA PESQUISA REALIZADA EM AEROCLUBE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Foi aplicado questionário a 54 alunos, 10 instrutores e a diretoria de aeroclube no Rio Grande do Sul com o objetivo de verificar a aceitação tanto de aeronaves elétricas quanto a etanol, bem como analisar as principais dúvidas dos envolvidos na operação de forma direta das aeronaves. Entre os alunos, 32 responderam à todas as questões, dentre uma população total de 54 alunos. Os 10 instrutores (a totalidade dos instrutores do aeroclube) e o diretor da instituição responderam à todas as questões. As perguntas foram enviadas a todos via e-mail e encontram-se no apêndice. A seguir apresentam-se as Figuras 4 em diante com os resultados coletados.

Figura 4 - Dados do questionário aplicado aos alunos de aeroclube no estado do Rio Grande do Sul

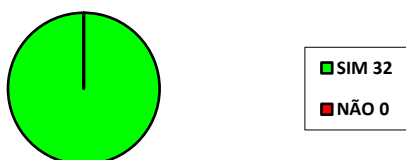
1) Você se sentiria seguro ao receber instrução de voo em uma aeronave com motores a etanol?



2) Você se sentiria seguro ao receber instrução de voo em uma aeronave com motores elétricos?



3) Você tem preocupação com o meio ambiente quando recebe instrução de voo durante seu curso?



4) Caso a hora de voo de uma aeronave movida a etanol ou movida a eletricidade fosse mais barata você faria seu curso em menor tempo??



Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Analisando-se os gráficos, percebe-se a grande preocupação com o meio ambiente, de todos os alunos que responderam ao questionário, quando estão recebendo instrução de voo. Os alunos têm preocupação com a poluição que estão gerando ao usar o motor convencional movido a Avgas, utilizado atualmente na instituição. Além disso, possuem grande interesse em relação aos gastos financeiros do curso, presumindo-se que iriam realizar o curso em menor intervalo de tempo, por conta do aspecto financeiro, havendo maior aproveitamento de recursos, de tempo e economia

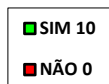
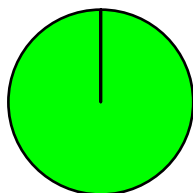
Constata-se que há espaço para a utilização de novas tecnologias nos aeroclubes, entretanto a pesquisa também mostra uma dúvida quanto à segurança de voo, ao se utilizar estas aeronaves. Além das quatro perguntas realizadas no questionário, mais duas perguntas foram feitas, nas quais os alunos descreveram sobre as principais dúvidas em relação à utilização destas aeronaves em cursos de instrução. Sobre o uso de motores movidos a etanol, a dúvida mais comum foi em relação a capacidade de voar em grandes altitudes no inverno, sem problemas de mau funcionamento do motor. Sobre as dúvidas em relação ao motor elétrico, a principal mostrou-se quanto à segurança de funcionamento e durabilidade da carga da bateria.

A seguir, na Figura 5, estão representados os dados colhidos através da aplicação de questionário realizado com os instrutores de voo.

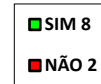
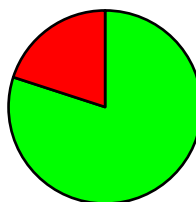
Em relação aos dados da Figura 5, nota-se uma grande aceitação por parte do grupo de instrutores, sobre a inserção de novas aeronaves na instituição. Sobre o uso de avião elétrico, há uma pequena parcela que possui alguma restrição inicial à sua utilização, no entanto menor que o número de alunos em porcentagem. Explica-se, talvez, pelo fato de que profissionais já atuantes na área, percebem um nível maior de segurança no processo de fabricação e certificação de produtos do meio aeronáutico.

Figura 5- Dados do questionário aplicado aos instrutores de aeroclube no estado do Rio Grande do Sul

1) Você se sentiria seguro ao ministrar instrução de voo em uma aeronave com motores a etanol?



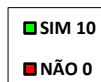
2) Você se sentiria seguro ao ministrar instrução de voo em uma aeronave com motores elétricos?



3) Você concorda com o fato de que aeronaves movidas a fontes alternativas devem fazer parte do quadro de aeronaves dos aeroclubes brasileiros?



4) Você concorda que o setor de serviços aéreos especializados, mais especificamente, as escolas de aviação civil, devem se inserir na busca de alternativas que preservem o meio ambiente?

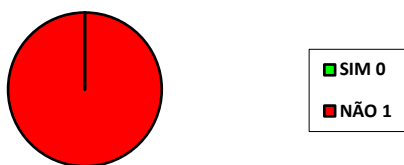


Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Além das quatro perguntas relatadas na figura 5, foi indagado qual seriam as maiores dúvidas na operação com os modelos e a maioria das questões se referia à aspectos técnicos, como tipo de funcionamento, segurança de projeto, tecnologia empregada e capacidade de realizar as manobras do curso. Assim como os alunos, os instrutores também concordam e se preocupam com a necessidade da adoção de novas tecnologias, com destaque para as mais limpas, que cuidam do meio ambiente. Demonstra-se na Figura 6, a seguir, os dados do questionário realizado com a direção do aeroclube.

Figura 6- Dados do questionário aplicado ao diretor de aeroclube no estado do Rio Grande do Sul

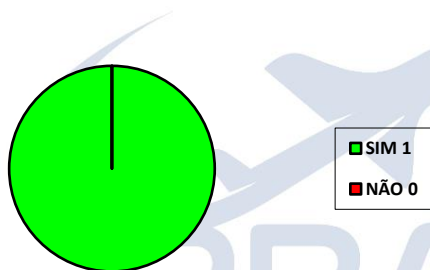
1) Em relação a frota de aeronaves do Aero clube, a direção se sente satisfeita com o consumo de combustível dos motores?



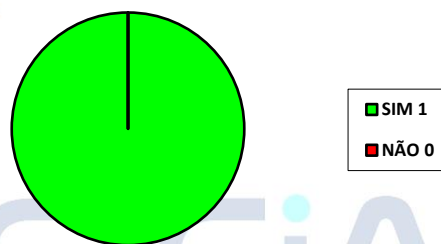
2) A direção acha que o Aero clube pode desempenhar um papel de modelo quanto ao desenvolvimento de motores com novas tecnologias, como os movidos à álcool ou energia elétrica?



3) Mesmo se o gasto para adquirir uma nova aeronave, com consumo muito mais correto ecologicamente e mais econômica, for mais alto que a compra de uma aeronave com queima tradicional de avgás, a direção teria o interesse em realizar a aquisição?



4) A direção concorda que esse tipo de investimento pode trazer mais alunos interessados nos cursos oferecidos?



Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Em relação aos dados da Figura 6, infere-se que o gasto com o consumo de combustível é muito grande, não sendo satisfatório, e há um grande interesse em investir em novas tecnologias, tanto nos aspectos ambientais quanto econômicos. Também se nota uma percepção de que ambos não se apresentam de forma antagônica, pois mesmo sendo um investimento mais alto no início, este se mostra vantajoso, pois seria mais econômico no longo prazo.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar de forma prática os fatores que podem influenciar a inserção de aeronaves movidas à base de energias renováveis em uma instituição de ensino aeronáutico e mais especificamente em um curso de piloto privado.

Em relação ao investimento necessário, conclui-se que o valor para conversão de um motor aeronáutico movido a Avgas para realizar a operação com etanol, se mostra mais baixo do que a compra de uma aeronave elétrica, sendo este custo amortizado num breve período. Porém, no longo prazo as vantagens competitivas favorecem o avião elétrico, que se mostra ainda mais econômico e com um engajamento ambiental muito maior, em especial para instituições com um elevado número de cursos de piloto privado, realizados por ano.

A logística de operação com aeronaves à etanol se mostra a mesma utilizada até o momento, pois as únicas mudanças ocorreriam em aspectos muito técnicos de manutenção do motor, mas não afetando a forma como o curso é ministrado. Fatores como tempo de abastecimento, manutenção e itens ministrados aos alunos não seriam diferentes dos aplicados hoje. A escala de voo do aeroclube não seria afetada e o mesmo número de voos seriam realizados, diferentemente quando vier a se utilizar aeronaves elétricas, que necessitam um intervalo de tempo muito grande para carregamento de baterias (2 horas), diminuindo assim a capacidade de realização de voos por dia.

A pesquisa demonstrou que a economia com gasto de combustível seria na ordem de 45% ao se utilizar o etanol e 82% ao se utilizar eletricidade, fato que justificaria o investimento e a recuperação dos gastos com a inserção das novas aeronaves. Em relação ao impacto ao meio ambiente, a aeronave à etanol libera 73% menos CO² e a elétrica 100% menos CO², que a movida a Avgas, respectivamente, 55,62 Kg e 0 Kg por hora de voo, enquanto uma aeronave movida a Avgas libera 76,20 Kg de CO² (LASTROP, 2020).

Sobre o ruído aeronáutico, não existe diferença significativa entre as movidas com os diferentes tipos de combustível líquido e há uma queda de 85% dos ruídos gerados pela aeronave elétrica sobre ambas (PIPISTREL, 2020).

Com base na redução do nível de poluentes e ruídos da região no entorno da pista utilizada para o treinamento, principalmente ao se utilizar aeronaves elétricas, tem-se um grande impacto positivo, tanto pela redução de ruídos quanto pelos aspectos social e econômico para a região, pois novos estabelecimentos comerciais e industriais poderiam ser construídos na região sem restrições impostas pelas curvas de ruído, gerando maior desenvolvimento econômico e maior integração social com o bairro onde se localiza o aeroclube.

Com esta pesquisa conclui-se que uma alternativa viável e prática para ser utilizada em curto prazo seria a inserção de aeronaves à etanol, nas escolas de aviação, pois não exigiriam mudanças em nível operacional e regulatório, cumprindo os níveis de segurança do setor caso o projeto de certificação e homologação seja aprovado, o que ao se analisar a legislação e regulamentos da ANAC, não haveria dificuldades operacionais e de tempo. Não existe nenhuma restrição do uso de aeronaves movidas a etanol, para a utilização em cursos, tanto teórico quanto prático, todavia, durante o curso teórico seria necessária uma explicação mais detalhada sobre o etanol, ao invés da Avgas. O nível de emissão de ruídos seria o mesmo, assim o desenvolvimento econômico e social no entorno do aeroclube não seria beneficiado, mas a diminuição do impacto ambiental seria muito grande, com toneladas de CO² equivalentes não sendo emitidas.

A economia para os alunos na realização do curso seria muito grande, o que impactaria positivamente na formação de novos pilotos para o mercado de trabalho, já que os alunos interessados teriam muito mais acesso a um curso de piloto privado.

Sobre a utilização de aeronaves elétricas, conclui-se que muitas mudanças na área operacional e regulatória seriam necessárias. Verificou-se que o tempo para realizar uma recarga das baterias é muito grande, caso estas fossem apenas trocadas o custo para adquirir baterias reservas, também deve ser considerado. O tempo necessário para amortizar o investimento com a compra de uma aeronave

elétrica é grande e a vida útil das baterias é limitada, levando a conclusão que a viabilidade deste tipo de aeronave seria maior em grandes instituições que possuem um elevado número de alunos. Em relação a operacionalidade, em ambos os cursos, teóricos e práticos, seriam necessárias algumas mudanças, acrescentando a teoria em relação à operação da unidade de força elétrica. A ausência de marcos regulatórios indica que talvez alunos que voem somente com aviões elétricos, em cursos preparatórios, não poderiam operar uma aeronave com um motor convencional a Avgas/Etanol em um emprego futuro, já que nunca entrariam em contato com tal tipo de motores. O tempo de voo ainda é um empecilho para o uso do avião elétrico, possuindo autonomia muito restrita, assim como uma possível diminuição da performance da bateria, que possa afetar a segurança de voo, pois a capacidade de realizar a navegação exigida em curso por exemplo, diminui com a vida útil do sistema elétrico. O processo de certificação também é necessário, e por ser uma tecnologia nova ainda há poucos projetos aprovados na atualidade. Certamente o avanço da tecnologia permitirá suprir essas restrições iniciais, pois o avião elétrico demonstra ser a melhor opção em termos de diminuição de emissão de poluentes e ruídos, gerando inclusive economia à longo prazo.

Inobstante, revelou-se neste trabalho que o uso de combustíveis alternativos, como o etanol, demonstra ser a melhor forma de avanço econômico, social e ambiental, para as Escolas de Aviação Civil, cumprindo com os níveis de segurança e regulação do setor, fato este que também foi percebido pelas respostas dos entrevistados.

REFERÊNCIAS

ABEAR. **Dados e estatísticas2020.** Disponível em: <<http://panorama.abear.com.br/dados-e-estatisticas/custos-das-empresas/>>. Acesso em: 03 set. 2020.

Aeroalcool. **Empresa.** Disponível em: <http://aeroalcool.com.br/#content-row-1>. Acesso em: 15 de out. 2020.

ANP. **Preços.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos?view=default>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

ANAC. **Manual do Comando da Aeronáutica 58-3.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/biblioteca/manuais-de-cursos-da-anac1/mca58-3.pdf>>. Acesso em: 15 de out. de 2020.

ANAC. **Instrução Suplementar 137.201-001C.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-137-201-001-1>>. Acesso em: 19 de out. 2020.

ANAC. **Ruído Aeronáutico.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/ruido-aeronautico>>. Acesso em: 03 de out. 2020.

ANAC. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 161.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac161>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

ANAC. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 61.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

ANAC. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 91.** Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-91>>. Acesso em: 20 de out. 2020.

Airway. **Europa concede a primeira certificação do mundo para um avião elétrico.** Disponível em: <<https://www.airway.com.br/europa-concede-a-primeira-certificacao-do-mundo-para-um-aviao-eletrico/>>. Acesso em: 21 de out. de 2020.

BASSETO, Murilo. Conheça o 1º avião comercial elétrico do Brasil, em projeto pela Texas e Oxis. **AeroIn**, 2020. Disponível em : <<https://www.aeroIn.net/conheca-aviao-eletrico-brasil-ecolt-texas-oxis/>>. Acesso em 05 ago. 2020.

BBC BRASIL. **Aquecimento global: 7 gráficos que mostram em que ponto estamos.** Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46424720>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

BiodieselBr. **Azul e Gol fazem vôos experimentais com cana-de-açúcar e óleo de milho.** Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/biogav/azul-gol-voos-experimentais-cana-acucar-oleo-milho-190612>>. Acesso em: 04 ago. 2020.

BR Distribuidora. **Gasolina para aviação.** Disponível em: <<https://www.br.com.br/pc/produtos-e-servicos/para-aviacao/gasolina-aviacao>>. Acesso em: 03 de out. de 2020.

Brasil. **Fontes de energias renováveis.** Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveisrepresentam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>>. Acesso em: 19 de out. 2020.

CEEE. **Tarifas e Custos.** Disponível em: <<https://www.ceee.com.br/a-ceee/tarifas-e-custos>>. Acesso em: 21 de out. de 2020.

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum.** Oxford University Press: 1987.

Correio Braziliense. **Demanda alta e falta de pilotos afeta as empresas de aviação.** Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/02/04/internas_economia,735164/sem-pilotos-aviacao-sofre.shtml>. Acesso em: 02 set. 2020.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

ECYCLE **O que são gases do efeito estufa?** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/6037-gases-de-efeito-estufa.html>>. Acesso em: 17 de set. de 2020.

ECYCLE. **Chumbo: aplicações, riscos e prevenção.** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2190-intoxicacao-por-chumbo.html>>. Acesso em: 03 de out. de 2020.

EMBRAER. **Sobre.** Disponível em: <<https://agricultural.embraer.com/br/pt/sobre>>. Acesso em: 05 agos. 2020.

EMBRAPA. **Estudo mostra que etanol de cana emite menos gás carbônico para atmosfera do que a gasolina.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18044516/estudo-mostra-que-etanol-de-cana-emite-menos-gas-carbonico-para-a-atmosfera-do-que-a-gasolina>>. Acesso em: 15 de out. de 2020.

FIGUEIREDO, Luis Alberto Gomes. **Motores e combustíveis de aviação. Aeroin,** 2013. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/motores-e-combustiveis-de-aviacao_808.html>. Acesso em: 03 set. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002

HOMA, Jorge M. **Aeronaves e Motores.** São Paulo. Ed. Asa: 2009.

ITAMARATY. **O Brasil e a OACI.** Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/diplomacia-economica-comercial-e-financeira/21612-o-brasil-e-a-oaci>>. Acesso em: 15 de out. de 2020.

LASTROP. **Como compensar suas emissões no transporte do dia a dia.** Disponível em: <http://esalqlastrop.com.br/downloads/Como_fazer_o_calculo_de_emissoes_-_Versao_1.1_LASTROP-ESALQ.pdf>. Acesso em: 03 de out. de 2020.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologiacientífica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

Lemke. **Apresentação.** Disponível em: <<https://engenharia-sustentavel.com/combustiveis-fosseis-e-seus-impactos-ambientais-sociais-e-geopoliticos/>>. Acesso em: 04 agos. 2020.

MANUAL DE OPERAÇÃO CESSNA 152. **Manual de operação 152.**ed. Wichita: Cessna, 1977.

MANUAL DE OPERAÇÃO VELIS ELECTRO. **Pipistrel.** Disponível em: <<https://www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/velis-electro-easa-tc/#tab-id-4>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de investigação científica.** Tubarão: Unisul, 2002. 268 p.

Sinal de Trânsito. **Gases do efeitoestufa.** Disponível em: <https://www.sinaldetransito.com.br/artigos/gases_efeito_estufa.pdf>. Acesso em: 17 de set. de 2020.

PIPISTREL. **Above Us.** Disponível em: <<https://www.pipistrel-aircraft.com/>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

